

Economie d'échelle
dans les transports urbains par autobus
dans les pays en développement

Rémy PRUD'HOMME, SANG HYU HWANG

I - INTRODUCTION

On dit d'un bien ou d'un service qu'il est produit avec des "économies d'échelle" lorsque l'augmentation des quantités produites entraîne la diminution des coûts moyens de production. La production de la plupart des biens ou des services est caractérisée par des économies d'échelles, au moins jusqu'à un certain niveau de production. Dans l'industrie automobile, par exemple, qu'il s'agisse du montage d'un véhicule, ou de la fabrication d'un moteur, on estime que le coût de production diminue de moitié lorsque les quantités produites passent de 20 000 à 400 000 unités par an.

La question se pose de savoir si les transports urbains par autobus dans les villes des pays en développement sont ou non caractérisés par des économies d'échelle. Une société qui offre 100.000 véhicules-km par jour produit-elle le véhicule-km moins cher qu'une société qui offre 10.000 véhicules-km?

La réponse a d'importantes implications pour la politique des transports urbains par autobus. L'existence d'importantes économies d'échelles fournirait notamment un argument assez fort pour justifier la limitation du nombre des sociétés d'autobus ou même la création d'un monopole. Cet argument ne serait pas décisif, car les avantages des économies d'échelles devraient être mis en balance avec les avantages de la concurrence. Mais il relancerait le débat sur la structure de l'offre et l'organisation de la profession.

Le problème se pose dans les mêmes termes dans beaucoup d'autres secteurs de la vie et de la politique économique. Lorsqu'il se lança dans la production d'automobiles, à

la fin des années 50, le gouvernement brésilien dut limiter (à 5) le nombre des multinationales autorisées à produire, afin de leur permettre de bénéficier d'économies d'échelles. Lorsqu'il engagea un ambitieux programme électronucléaire, au début des années 70, le gouvernement français dû choisir entre avoir un seul fournisseur, et bénéficier d'économies d'échelles, ou avoir deux fournisseurs, et bénéficier de leur concurrence; il choisit la première solution.

La question des économies d'échelles est distincte, bien que cousine, de la question des coûts des transports en fonction de la taille des autobus utilisés. Rapportés au passager, ou au voyageur-km, le coût d'un grand autobus est-il moins élevé que celui d'un minibus? C'est à cette question qu'une étude souvent citée de la Banque Mondiale (World Bank 1979) avait apporté une réponse, qui était principalement négative.

On peut s'interroger a priori sur l'existence d'économies d'échelles dans les transports par autobus dans les pays en développement. On peut penser que plus une société est grosse, plus elle réalise d'économies sur les coûts fixes, et plus elle gère efficacement son parc et sa main d'oeuvre. On peut dire au contraire que plus une société est petite, et mieux le matériel sera utilisé. En fait, la question appelle une réponse empirique.

Cette réponse est rarement donnée, principalement parce qu'elle est difficile à donner. Cette communication est une modeste contribution à ce débat. Elle évoque brièvement les choix méthodologiques à faire (section II), discute les études antérieures (section III), présente le modèle d'analyse retenu (section IV), et l'applique à l'étude de trois cas concrets: ceux de Séoul, Pusan et Shanghai (section V).

II - LES CHOIX METHODOLOGIQUES

La conduite d'une étude empirique sur les économies d'échelles implique un certain nombre de choix méthodologiques.

Le premier concerne le choix de la variable expliquée. Le bon sens voudrait que cette variable soit le coût de production:

$$C = f(Q, P_i)$$

avec:

C = coût de production,

Q = quantités produites,

P_i = prix du facteur de production i (salaires, coût du capital, etc...)

Une telle fonction de coût permet en effet de calculer le coût moyen en fonction des quantités produites:

$$C/Q = g(Q, P_i)$$

Si cette fonction est décroissante par rapport à Q , on pourra conclure à l'existence d'économies d'échelles.

Malheureusement, il n'est pas toujours facile, surtout dans un pays en voie de développement, d'obtenir des données fiables sur les coûts de production des entreprises d'autobus. C'est pourquoi on utilise une sorte de subterfuge, qui permet de dire quelque chose sur les coûts sans avoir à les connaître: une fonction de production. La fonction de production relie les quantités produites aux quantités de facteurs ou d'intrants utilisées pour produire ces quantités:

$$Q = h(F_i)$$

avec:

F_i = quantités du facteur de production i (heures de travail, valeur du capital, etc.)

Si la production augmente plus vite que les facteurs nécessaires à la production, elle augmente aussi plus vite que le coût de production (qui est une combinaison linéaire de ces facteurs), et l'on se trouve en présence d'économies d'échelles.

Un deuxième choix méthodologique à faire est celui de la fonction, ou plus précisément de la forme de la relation fonctionnelle. On peut en effet utiliser soit une fonction linéaire (du type: $Y = A + bX + cZ + \dots$), soit une fonction exponentielle (du type: $Y = A.X^b.Z^c \dots$), soit une fonction dite translog (du type: $\log Y = A + b. \log X + C. \log Z + d. \log X. \log Z + \dots$). Chacune de ces formes a ses avantages, ses inconvénients, ses contraintes, ses limites (Berechman et Giuliano, 1985)). La forme translog, qui n'est utilisable que pour les fonctions de coût, est la plus souple et la plus "moderne", mais elle est gourmande en données quantitatives.

Un autre choix se rapporte à la mesure des quantités produites (Q): en quelles unités évaluer la "production" d'une société d'autobus? Le problème est difficile et n'admet pas de solution idéale. La "production" d'une entreprise est l'ensemble des services qu'elle rend. Mais ces services sont très hétérogènes: un certain nombre de lignes avec des caractéristiques variables: fréquence, vitesse, horaires, confort, etc... L'agrégation de ces services est nécessairement arbitraire, et les indicateurs retenus toujours imparfaits.

En pratique, on a le choix entre deux grands types d'indicateurs. Les uns sont des indicateurs "physiques", que l'on pourrait aussi appeler des indicateurs d'"offre": le nombre de véhicules-km parcourus, ou le nombre de places-km offertes (qui sont homothétiques si le nombre de places par autobus est constant), ou encore le nombre de véhicules-heures. Les autres sont des indicateurs "économiques" ou de "marché", qui intègrent la demande des usagers: le nombre de voyageurs transportés, ou le nombre de voyageurs-km réalisés.

Indicateurs "d'offre" et indicateurs "de marché" ne racontent pas nécessairement la même histoire. Les indicateurs d'offre, qui sont les plus faciles à obtenir, et qui reflètent assez bien la réalité de la "production" du service, ignorent à la fois les conditions dans lesquelles l'offre est produite (embouteillage, densité des zones desservies et distance

entre les arrêts), et les conditions dans lesquelles cette offre est utilisée. Les indicateurs de marché, au contraire, reflètent mieux la réalité du service rendu, mais moins bien le phénomène de production de ce service.

Un quatrième choix méthodologique porte sur l'échantillon à utiliser pour tester les relations et estimer les coefficients dont la valeur permettra de conclure ou non à l'existence d'économies d'échelles. Là aussi, on a deux types d'échantillon: des séries temporelles sur des sociétés d'autobus, dont la production, les coûts, les quantités de facteurs utilisés (et éventuellement les prix des facteurs) ont varié au cours du temps, et des données sur une seule année pour un ensemble d'entreprises qui n'ont pas les mêmes productions, les mêmes coûts, et qui n'utilisent pas les mêmes quantités de facteurs.

III - LES ETUDES ANTERIEURES

Nous avons recensé une vingtaine d'études qui se sont efforcées d'éclairer la question des économies d'échelle dans les transports par autobus. Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le tableau 1. Elles appellent les commentaires suivants.

Tableau 1 - Etudes antérieures sur les économies d'échelle dans les transports par autobus

Auteur	Année	Pays	Fonction	Forme	Résultats: économies d'échelle:
Lee	1970	GB	Coût	Linéaire	Oui
Kosal	1970	Inde	Coût	Linéaire	Dans certains cas
Miller	1970	Etats-Unis	Coût	Linéaire	Non
Nelson	1972	Etats-Unis	Coût	Exponentielle	Oui
Kosal	1972	Etats-Unis	Coût	Linéaire	Oui
Veatch	1973		Coût	Linéaire	Oui
Wabe	1975	GB	Coût	Linéaire	Non
Viton	1981	Etats-Unis	Coût	Translog	Oui
Williams	1981	Etats-Unis	Production	Translog	Oui
Berechman	1983	Israel	Coût	Translog	Oui
Berechman	1984	Israel	Coût	Translog	Oui pour véhicule-km; non p. passagers
Kim	1985	Israel	Production	Translog	Oui
Obeng	1985	Etats-Unis	Coût	Translog	Oui p. long terme; non p. court terme
Lawarrée	1985	Belgique	Production	Exponentielle	Oui
Obeng	1986	Etats-Unis	Coût	Translog	Oui p. véhicule-km; non pour pass.-km
Thiry	1986	Belgique	Coût	Translog	Oui

La plupart (les trois-quarts) des études utilisent des fonctions de coût plutôt que des fonctions de production.

Les plus anciennes utilisent des formes linéaires ou exponentielles. Les plus récentes choisissent des formes translog.

Presque toutes utilisent des données relatives à un ensemble de compagnies de tailles différentes.

Les conclusions que l'on peut tirer de ces études ne vont pas toutes dans le même sens. L'impression qui s'en dégage cependant est qu'il y a sans doute économies d'échelle en matière de transport par autobus, surtout lorsque la production est mesurée avec des indicateurs "d'offre" comme les véhicules-km.

D'un autre côté, toutes les études, sauf une, ancienne, sont relatives à des pays développés. En fait, elles se rapportent presque toutes aux Etats-Unis et au Royaume-Uni. De plus, la plupart de ces études portent sur le cas d'autobus interurbains, et non d'autobus urbains. La conclusion qu'on en tire peut-elle être étendue au cas des transports urbains dans les pays en développement? C'est pour le savoir qu'on a défini et appliqué un modèle.

IV - LE MODELE RETENU

Dans la plupart des pays en développement, les données disponibles sur les coûts des compagnies d'autobus sont rares, discutables, et en tout cas peu comparables d'une année sur l'autre ou d'une compagnie sur l'autre. Force est donc d'utiliser une fonction de production plutôt qu'une fonction de coût.

On a retenu à cet effet une fonction classique du type Cobb-Douglas

$$Q = A.L^a.K^b$$

avec:

Q = Production

L = Quantité de travail utilisée

K = quantité de capital utilisé

A, a, b = des coefficients à calculer.

Contrairement à ce que faisaient Cobb et Douglas, on ne n'impose pas la contrainte: $a + b = 1$. C'est ce qui permet de mettre en évidence d'éventuelles économies d'échelle. Considérons une compagnie ou une année pour lesquelles la quantité de travail utilisée est L_1 et la quantité de capital K_1 . Supposons que les quantités de travail et capital utilisées soient multipliées par un coefficient d, et deviennent $L_2=d.L_1$ et $K_2=d.K_1$. On a:

$$Q_1 = A.L_1^a.K_1^b$$

$$Q_2 = A.L_2^a.K_2^b$$

$$Q_2 = A.(d.L_1)^a.(d.K_1)^b$$

$$Q_2 = A.d^{a+b}.L_1^a.K_1^b$$

$$Q_2 = d^{a+b}.Q_1$$

Si $a+b > 1$, une augmentation des quantités de facteurs, c'est-à-dire des coûts, entraînera une augmentation plus que proportionnelle des quantités produites, et on se trouvera en présence de rendements croissants (par rapport à la dimension), et donc d'économies d'échelles.

Si au contraire $a+b < 1$, on aura des rendements décroissants, et des déséconomies d'échelles.

La fonction retenue doit évidemment être transformée en logarithmes:

$$\text{Log } Q = \text{Log } A + a. \text{Log } L + b. \text{Log } K$$

pour être estimée au moyen d'une simple régression multiple linéaire.

V - LES TROIS ETUDES DE CAS

Le modèle a été appliqué aux cas de Séoul, de Pusan, et de Shanghai .

A Séoul et dans les grandes villes coréennes, les transports par autobus sont assurés par d'assez nombreuses compagnies, auxquelles sont attribuées des lignes, mais qui n'ont en général aucun monopole sur ces lignes. Pour Séoul, on dispose, pour les années 1984 et 1989 de données relatives à 90 compagnies d'autobus urbains. Pour chaque compagnie on a un indicateur du capital utilisé (le nombre d'autobus, qui ont tous la même capacité), un indicateur du travail utilisé (le nombre d'employés), et deux indicateurs de production: un indicateur d'offre, qui est le nombre de véhicules-km parcourus, et un indicateur de marché, à savoir le nombre de passagers transportés. On dispose aussi d'un autre indicateur de capital: le montant du capital qui figure au bilan; mais un certain doute plane sur la façon dont le bilan de certaines petites sociétés est établi, et il a semblé plus sûr de s'en tenir à un indicateur physique comme le nombre de bus. La taille des compagnies varie dans un rapport de 1 à 8 environ: en termes de bus, par exemple, la plus petite a 25 bus, et la plus grande 195 bus. Les données disponibles concernent également les coûts; mais la fiabilité de ces informations est difficile à apprécier.

Pour Pusan, on a des données similaires, mais pour 52 compagnies seulement, dont la taille varie dans des proportions comparables (de 14 à 118 bus).

A Shanghai, les transports publics par autobus sont assurés par une grande société qui en a le monopole, la Shanghai Transit Company, qui est sans doute, avec près de 8,000 autobus et plus de 60,000 employés l'une des plus grosses, sinon la plus grosse

compagnie d'autobus du monde. Pour Shanghai, on a (Luo Ailing, 1988) pour chacune des années 1970 à 1986, un indicateur de capital (le nombre d'autobus standardisés, c'est-à-dire que les autobus articulés ont été comptés pour 1,5 autobus standard), un indicateur de travail (le nombre d'employés), et un seul indicateur de production: le nombre de véhicules-km offerts (également standardisé).

2. Les résultats des calculs de régression multiples effectués sont présentés au tableau 2.

Tableau 2 - Elasticité de la production par rapport au capital et au travail

indicateur de production	R2	a	b	a + b	Economies d'échelle
Séoul 1984					
Passagers	0,94	0,12	0,77	0,89	non
Séoul 1989					
Passagers	0,92	-0,03	0,99	0,96	non
Bus-km	0,92	0,03	1,00	1,03	oui
Pusan 1989					
Passagers	0,96	0,08	0,87	0,95	non
Bus-km	0,94	0,14	0,86	1,00	douteux
Shanghai 1970-86					
Bus-km	0,99	0,12	0,89	1,01	douteux

Note: a et b sont les coefficients estimés d'une fonction de production du type: $Q = A \cdot K^a \cdot L^b$, avec Q=Production, K=Capital et L=Travail.

Que dire des résultats obtenus? La fonction de Cobb-Douglas semble bien avoir un pouvoir explicatif assez grand. Les ajustements sont de bonne qualité. Le rapport des écarts-types aux coefficients sont faibles.

Les coefficients a, qui donnent l'élasticité de la production par rapport au capital, sont faibles. Cela suggère que, à force de travail donnée, une augmentation de la flotte entraînerait une augmentation faible de la production. Dans un cas même (Shanghai 1989, avec la production mesurée en passagers), on a un coefficient négatif, ce qui est peu vraisemblable. Les coefficients b, qui mesurent l'élasticité de la production par rapport au travail, sont beaucoup plus élevés, entre 0,9 et 1: une augmentation de 10% de la force de travail entraîne une augmentation de 9 ou 10% de la production.

Surtout, la somme des deux coefficients, dont on a dit qu'elle éclairait l'existence d'économies d'échelles, est constamment voisine de 1. Dans trois cas, elle est inférieure,

ce qui suggérerait l'existence de déséconomies d'échelles; dans deux cas, elle est supérieure à 1, ce qui pourrait indiquer économies d'échelles. Mais dans tous les cas, elle est si proche de 1 qu'il faut conclure, sur la base des cas examinés que les services d'autobus dans les villes des pays en développement sont à rendement d'échelle constants.

VI - CONCLUSION

On s'est efforcé d'ajouter une étude à la liste -longue en ce qui concerne les pays développés, mais très courte en ce qui concerne les pays en développement- des travaux qui ont cherché à savoir si le service de transport public par autobus donne lieu à économies d'échelle, c'est-à-dire si les coûts unitaires diminuent lorsque la taille des compagnies d'autobus augmente. On a vu qu'une autre façon de répondre à la question était de se demander si la production du service augmentait plus vite ou moins vite que les quantités de facteurs de production utilisées pour rendre ce service.

Le modèle dérivé de cette analyse a été testé sur des données relatives à Séoul, Pusan et Shanghai. Les résultats obtenus ne confirment pas la thèse de l'existence d'économies d'échelle.

La création ou le maintien de grandes compagnies d'autobus monopolistiques ou oligopolistiques ne peut donc pas être justifié par des considérations de coûts unitaires. Ce que l'on perd du fait de la suppression ou de la limitation de la concurrence n'est apparemment pas compensé par des gains que permettrait la plus grande taille des compagnies.

NOTE

Rémy Prud'homme est professeur à l' Institut d'Urbanisme de Paris, à l'Université de Paris XII; Sang Hyu Hwang prépare un doctorat à l'Université de Paris XII

REFERENCES

Berechman, J (1983), "Costs, economies of scale and factor substitution in bus transport", *Journal of Transport Economics and Policy*, 17(1):7-24

Berechman, J. & G. Giuliano (1984), "Analysis of the cost structure of an urban bus transit property", *Transportation Research*

Berechman, J. & G. Giuliano (1985), "Economies of scale in bus transit: a review of concepts and evidence", *Transportation*, 12: 313-332

Gathon, H. J., "Etude comparative de la performance des sociétés de transports urbains:

une approche internationale", *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 1985 (4): 641-656

Kim, M. (1985), "Total factor productivity in bus transport" *Journal of Transport Economics and Policy*, 19(5): 173-182

Koshal, R. K. (1970), "Economies of scale in bus transport: some Indian experience", *Journal of Transport Economics and Policy*, 4(1): 29-36

Koshal, R. K. (1972), "Economies of scale. II. Bus transport: Some United States experience", *Journal of Transport Economics and Policy*, 6 (2): 151-153

Lavarree, J & B. Thiry (1986), *Une analyse des coûts et de la productivité de quelques sociétés de transports urbains*, Working Paper 86/04, CIRIEC, Liège

Lee, N. & I. Steedman (1970), "Economies of scale in bus transport. I. Some British municipal results", *Journal of Transport Economics and Policy*, 4 (1): 15-28

Luo, Ailing (1988), *The Production Function of Urban Public Transport System*, mimeo, Shanghai Transit Company, 16p.

Miller, D. R. (1970), "Differences among cities, differences among firms, and costs of urban bus transport", *Journal of Industrial Economics*, 19 (1): 22-32

Nelson, G. R. (1972), *An Econometric Model of Urban Bus Transit Operations*, Paper P-863, Arlington, VA, Institute for Defense Analysis

Obeng, K. (1985), "Bus transit cost, productivity and factor substitution" *Journal of Transport Economics and Policy*, 19(5): 183-203

Obeng, K. (1986), "An initial analysis of total factor productivity for public transit", *Transportation Research Record*

Thiry, B. (1985), *Une analyse de l'efficacité technique d'une société de transports intercommunaux. Le cas de la STIL*, Working Paper 85/07, CIRIEC, Liège

Viton, P. A. (1981), "A translog cost function for urban bus transit", *Journal of Industrial Economics*, 29 (3): 287-304

Veatch, J. F. (1973): see Berechman et Giuliano (1985)

Wabe, J. S. & O. B. Coles (1975), "The short and long-run cost of bus transport in urban areas", *Journal of Transport Economics and Policy*, 9(2): 127-140

Williams, M. L. & A. Dalal (1981), "Estimation of the elasticities of factor substitution in urban bus transportation: A cost function approach", *Journal of Regional Science* 21 (2): 263-275

World Bank (1979), *Costs and Scale of Bus Service*, Staff Working Paper n° 325